

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ ВИБРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ВЕРТИКАЛЬНОГО СВЕРЛИЛЬНОГО СТАНКА

Е.А. Кабакаев, студент гр. 4НМ91

Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30,

E-mail: egor.kabakaev@mail.ru

Научный руководитель – В.В. Дронов, к.т.н. доцент ОМ ИШНПТ

Эксплуатация технологических машин сопровождается издержками, которые могут быть снижены оптимизацией режимов работы. Для повышения эффективности проектирования можно воспользоваться созданием математической модели с использованием пакета прикладных программ для технических вычислений MATLAB [1].

В качестве объекта для исследования динамических характеристик механической системы и дальнейшему подбору оптимальных параметров выступал вертикальный сверлильный станок KSB 40 CNC (рис. 1а).

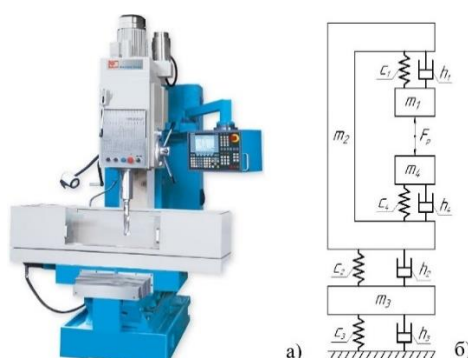


Рис. 1. Вертикальный сверлильный станок KSB 40 CNC: внешний вид станка (а),
структурная схема динамической системы станка (б)

Пронумерованным массам (m_n) на схеме соответствуют части конструкции станка, коэффициентам жесткостей (c_n) – суммарная жесткость элементов между частями станка, коэффициентам трения (h_n) – трение элементов в соединениях между частями станка [2].

В качестве внешнего воздействия выступает сила резания F_p (1), состоящая из постоянной силы F_0 и колеблющейся из-за переменной твердости детали силы A_p .

$$F_p = F_0 + A_p \cdot \sin(w \cdot t) \quad (1)$$

Составим системы дифференциальных уравнений (2) согласно схеме (рис. 1б).

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dx_1}{dt} = v_1 \\ \frac{dv_1}{dt} = \frac{\vec{F}_p - c_1 \cdot (x_1 - x_2) - h_1 \cdot (v_1 - v_2)}{m_1} \\ \frac{dx_2}{dt} = v_2 \\ \frac{dv_2}{dt} = \frac{c_4 \cdot (x_4 - x_2) + h_4 \cdot (v_4 - v_2) - c_1 \cdot (x_1 - x_2) - h_1 \cdot (v_1 - v_2) - c_2 \cdot (x_2 - x_3) - h_2 \cdot (v_2 - v_3)}{m_2} \\ \frac{dx_3}{dt} = v_3 \\ \frac{dv_3}{dt} = \frac{c_2 \cdot (x_2 - x_3) + h_2 \cdot (v_2 - v_3) - c_3 \cdot x_3 - h_3 \cdot v_3}{m_3} \\ \frac{dx_4}{dt} = v_4 \\ \frac{dv_4}{dt} = \frac{\vec{F}_p - c_4 \cdot (x_4 - x_2) - h_4 \cdot (v_4 - v_2)}{m_4} \end{array} \right. \quad (2)$$

Напишем программы в среде MATLAB для моделирования динамической вибрационной системы. Подбор параметров осуществляется путем изменения значения жесткостей двух пружин c_1 и c_4 . Изменение значений параметров влияют на амплитуду колебаний у тел с

массами m_1 и m_4 . Необходимо оптимизировать систему, путем уменьшения амплитуды до минимального значения. Результаты вычислений сведем в таблицу 1.

Таблица 1. Результаты вычислений амплитуды колебаний

	$c_4 = 5.662e7$ Н/м	$c_4 = 6.662e7$ Н/м	$c_4 = 7.662e7$ Н/м
$c_1 = 3.4413e5$ Н/м	9.301e-5 м	8.8e-5 м	8.333e-5 м
$c_1 = 4.4413e5$ Н/м	9.844e-5 м	8.848e-5 м	8.991e-5 м
$c_1 = 5.4413e5$ Н/м	9.236e-5 м	9.017e-5 м	8.619e-5 м

Из таблицы значений амплитуды колебаний, самое минимальное при наименьшем значении $c_1 = 3.4413e5$ Н/м и наибольшем значении $c_4 = 7.662e7$ Н/м.

Для того чтобы в динамической системе не возникал резонанс, необходимо, чтобы частота внешних колебаний f_w не совпадала с частотой собственных колебаний тел. График спектра представлен на рис. 2.

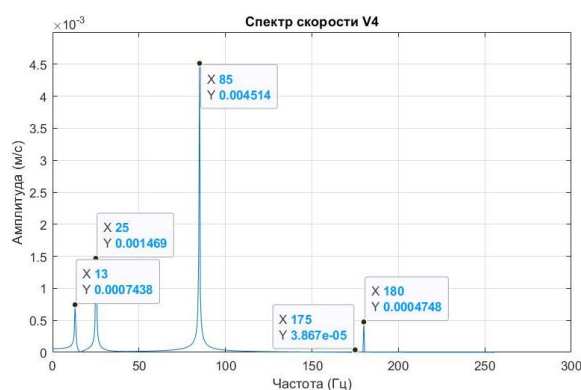


Рис. 2. График спектра

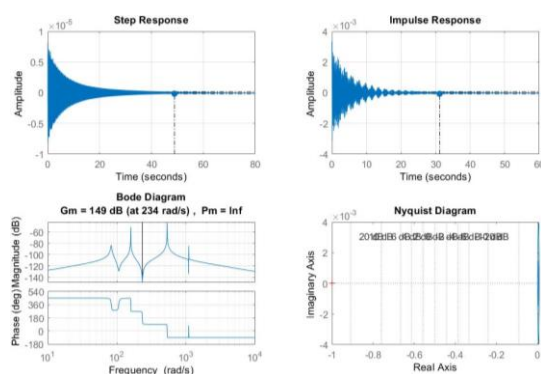


Рис. 3. График динамических и частотных характеристик

По графику видно, что в динамической системе не возникает резонанс.

Построим графики динамических и частотных характеристик (рис. 3.). По графикам Step Response и Impulse Response видно, что система устойчива т.к. переходная функция затухает. По диаграмме Боде: система устойчива, так как при достижении ФЧХ 180° , логарифмическая амплитудно-фазовая частотная характеристика отрицательна. График Nyquist Diagram представляет устойчивый усилитель, т.к. пересекает отрицательную действительную ось справа от точки $(-1, 0)$, а амплитуда петлевого усиления при f_{180} – меньше единицы [3].

В ходе проделанной работы представлена математическая модель динамической системы станка, подобраны оптимальные параметры и построены графики. Таким образом, создание математической модели в MATLAB позволит снизить издержки и время на натурные испытания.

Список литературы:

1. Дерюшева, В.Н. Математическое моделирование и компьютерные технологии в машиностроении: Методические указания для выполнения лабораторных работ по курсу «Основы динамики технологического оборудования» / В.Н. Дерюшева. – Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2014, - 8 с. Текст: непосредственный.

2. Основы динамики и прочности конструкций ракетно-космической техники // Корпоративный портал Томского политехнического университета [Электронный ресурс] URL: <https://portal.tpu.ru/SHARED/v/VDERUSHEVA/ucheba/Magistr>

3. Устойчивость на диаграмме Найквиста // Radio prog [Электронный ресурс] URL: <https://radioprogram.ru/post/821>